

**ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN  
*TRIANGULAR DAN TRAPEZOIDAL VORTEX GENERATOR*  
TERHADAP ALIRAN UDARA  
PADA *TAIL BOOM* HELIKOPTER BO 105**

**TUGAS AKHIR**



Oleh :

**IVAN GUNTARA AJI SAPUTRA**  
**NIT. 30418015**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA  
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA  
2021**

**ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN  
TRIANGULAR DAN TRAPEZOIDAL VORTEX GENERATOR  
TERHADAP ALIRAN UDARA  
PADA TAIL BOOM HELIKOPTER BO 105**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya  
(A.Md) pada Program Studi Diploma 3 Teknik Pesawat Udara



Oleh :

**IVAN GUNTARA AJI SAPUTRA**  
**NIT. 30418015**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA  
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA  
2021**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

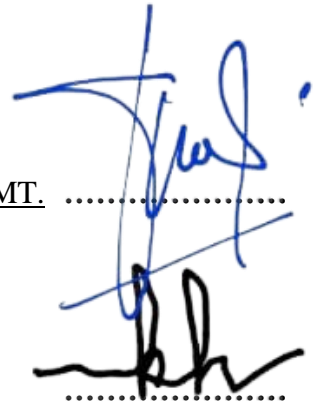
ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN  
*TRIANGULAR DAN TRAPEZOIDAL VORTEX GENERATOR*  
TERHADAP ALIRAN UDARA PADA *TAIL BOOM* HELIKOPTER BO 105

Oleh:  
Ivan Guntara Aji Saputra  
NIT. 30418015

Disetujui untuk diujikan pada:  
Surabaya, 18 Agustus 2021

Pembimbing I : DR. SETYO HARIYADI S. P., ST., MT. .....  
NIP. 19790824 200912 1 001

Pembimbing II : SUKAHIR, ST., MT.  
NIP. 19740714 199803 1 001



## LEMBAR PENGESAHAN

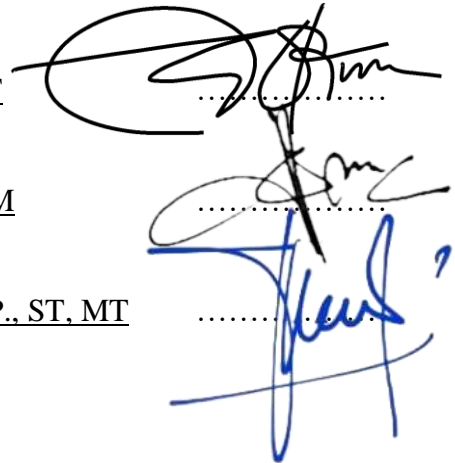
ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN  
*TRIANGULAR DAN TRAPEZOIDAL VORTEX GENERATOR*  
TERHADAP ALIRAN UDARA PADA *TAIL BOOM* HELIKOPTER BO 105

Oleh :  
Ivan Guntara Aji Saputra  
NIT. 30418015

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Ujian Tugas Akhir  
Program Pendidikan Diploma 3 Teknik Pesawat Udara  
Politeknik Penerbangan Surabaya  
Pada tanggal : 18 Agustus 2021

Panitia Penguji :

1. Ketua : GUNAWAN SAKTI, ST, MT  
NIP. 19881001 200912 1 003
2. Sekretaris : DEWI RATNASARI, SE, MM  
NIP. 19690609 199303 2 002
3. Anggota : DR. SETYO HARIYADI S. P., ST, MT  
NIP. 19790824 200912 1 001



Ketua Program Studi  
TEKNIK PESAWAT UDARA

  
Ir. BAMBANG JUNIPITOYO, ST, MT  
NIP. 19780626 200912 1 001

## PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ivan Guntara Aji Saputra  
NIT : 30418015  
Program Studi : D3 Teknik Pesawat Udara  
Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Penggunaan *Triangular Dan Trapezoidal Vortex Generator* Terhadap Aliran Udara Pada Tail Boom Helikopter BO 105

dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Politeknik Penerbangan Surabaya maupun di Perguruan Tinggi lain, serta dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) kepada Politeknik Penerbangan Surabaya beserta perangkat yang ada. Dengan hak ini, Politeknik Penerbangan Surabaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Surabaya, 18 Agustus 2021  
Yang membuat pernyataan



## ABSTRAK

### ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN *TRIANGULAR* DAN *TRAPEZOIDAL VORTEX GENERATOR* TERHADAP ALIRAN UDARA PADA *TAIL BOOM* HELIKOPTER BO 105

Oleh:

Ivan Guntara Aji Saputra

NIT. 30418015

*Tail boom* adalah salah satu bagian struktur belakang helikopter yang berbentuk silinder. *Tail boom* menerima pengaruh aliran udara dari hasil putaran *rotor blade* untuk menghasilkan gaya angkat (*lift*). Dengan bagian *tail boom* yang berbentuk silinder, dapat menyebabkan terjadinya titik separasi pada aliran udara yang melewati bagian *tail boom* tersebut. Sehingga diberikan pengembangan sedemikian rupa agar *tail boom* tidak menghambat performa aerodinamik dalam menghasilkan gaya angkat (*lift*). Dalam penelitian ini, analisa karakteristik aerodinamika dilakukan dengan mengkaji pendistribusian aliran udara di sepanjang bagian *tail boom* helikopter untuk mengetahui distribusi aliran dan gaya yang terjadi di sekitar *tail boom* helikopter. Analisis dilakukan dengan cara simulasi aliran udara yang mengalir pada *tail boom* BO 105 menggunakan *software* ANSYS. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui perbedaan karakteristik penggunaan *vortex generator* dengan membandingkan beberapa variasi bentuk *vortex generator* pada *tail boom* BO 105.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis simulasi pada benda uji *tail boom* BO 105 yang diberi variasi bentuk *vortex generator* yang berbeda yaitu *triangular vortex generator* dan *trapezoidal vortex generator* dengan panjang 10 mm, tinggi 5 mm, tebal 1 mm, pemasangan *counter rotating* sudut  $15^\circ$ , jarak sepasang *vortex generator* 45 mm, jarak antar sepasang *vortex generator* 100 mm dan dipasang pada sisi *tail boom* pada sudut  $30^\circ$  dari garis tegak silinder *tail boom*. Instrumen penelitian berupa data visualisasi aliran udara pada penampang *tail boom* yang berupa kontur tekanan dan garis kecepatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *tail boom* BO 105 dengan menggunakan *trapezoidal vortex generator* memiliki hasil visualisasi kontur tekanan yang lebih rendah pada permukaan *tail boom* dibandingkan dengan objek lainnya, juga memiliki *velocity streamline* yang lebih baik pada aliran dan sebarannya. Sehingga pada penelitian ini menghasilkan *tail boom* dengan penggunaan *trapezoidal vortex generator* yang paling efisien dan efektif untuk digunakan.

**Kata kunci:** Aerodinamika, Helikopter BO 105, *Tail Boom*, *Vortex Generator*, ANSYS.

## ABSTRACT

### *ANALYSIS THE EFFECT OF USING TRIANGULAR AND TRAPEZOIDAL VORTEX GENERATOR ON AIR FLOW IN TAIL BOOM HELIKOPTER BO 105*

By:

Ivan Guntara Aji Saputra

NIT. 30418015

*The tail boom is a cylindrical part of the rear structure of the helicopter. The tail boom receives the influence of the air flow from the rotation of the rotor blade to produce lift. With the cylindrical shape of the tail boom, it can cause a separation point in the air flow that passes through the tail boom. So that the development is given in such a way that the tail boom does not hamper aerodynamic performance in generating lift (lift). In this study, the analysis of aerodynamic characteristics was carried out by examining the distribution of air flow along the tail boom of the helicopter to determine the distribution of flow and force around the helicopter's tail boom. The analysis was carried out by simulating the airflow flowing in the Tail Boom BO 105 using ANSYS software. The purpose of this analysis is to determine the differences in the characteristics of the use of the vortex generator by comparing several variations in the shape of the vortex generator on the BO 105 tail boom.*

*The research method used is a simulation analysis method on the tail boom BO 105 test object which is given a variety of different vortex generator shapes, namely triangular vortex generator and trapezoidal vortex generator with a length of 10 mm, height 5 mm, thickness 1 mm, installation of a counter rotating angle of 15°, the distance between a pair of vortex generators is 45 mm, the distance between a pair of vortex generators is 100 mm and is mounted on the tail boom side at an angle of 30° from the tail boom cylinder vertical line. The research instrument is in the form of visualization data of air flow on the tail boom in the form of pressure contours and velocity lines.*

*The results showed that the tail boom BO 105 using a trapezoidal vortex generator has a lower pressure contour visualization on the tail boom surface compared to other objects, also has a better velocity streamline in its flow and distribution. So that in this study, the tail boom using the trapezoidal vortex generator was the most efficient and effective to use.*

**Keywords:** *Aerodynamics, Helicopter BO 105, Tail Boom, Vortex Generator, ANSYS.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat limpahan rahmat dan hidayah-Nya, Laporan Tugas Akhir yang berjudul *ANALISIS PENGARUH PENGGUNAAN TRIANGULAR DAN TRAPEZOIDAL VORTEX GENERATOR TERHADAP ALIRAN UDARA PADA TAIL BOOM HELIKOPTER BO 105* ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusunan laporan tugas akhir ini disusun sebagai syarat pemenuhan studi bagi Taruna Diploma 3 Teknik Pesawat Udara Angkatan IV di Politeknik Penerbangan Surabaya dan memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md.).

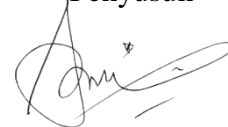
Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada segenap pihak yang telah membantu selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Bapak M. Andra Adityawarman, ST, MT selaku Direktur Politeknik Penerbangan Surabaya
2. Bapak Ir. Bambang Junipitoyo, ST, MT selaku Kaprodi Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Surabaya
3. Bapak Drs. Sudjud Prajitno, S.SiT, selaku *Quality Control Approval* AMTO 147D-010 Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Surabaya
4. Bapak Dr. Setyo Hariyadi S. P., ST, MT selaku dosen pembimbing pemateri dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak Sukahir, ST, MT selaku dosen pembimbing penulisan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen dan staff Politeknik Penerbangan Surabaya yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Orang Tua dan Keluarga atas doa, semangat dan dukungan yang diberikan.
8. Seluruh sahabat, senior, junior dan segenap pihak yang peneliti tidak dapat menyebutkan satu – persatu.

Tentunya peneliti memiliki keterbatasan ilmu dan pengetahuan yang peneliti miliki, maka dari itu laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Peneliti mengharapkan kritik dan masukan dari semua pihak agar hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk masa depan. Peneliti mengucapkan banyak terimakasih atas segala bantuan yang telah diberikan dalam proses pembuatan tugas akhir ini.

Surabaya, 18 Agustus 2021

Penyusun



Ivan Guntara Aji Saputra  
NIT. 30418015



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERSETUJUAN .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA .....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Hipotesis .....	5
1.6 Manfaat Penelitian .....	6
1.7 Sistematika Penelitian .....	6
BAB 2 LANDASAN TEORI .....	8
2.1 Helikopter .....	8
2.2 Aerodinamika .....	9
2.2.1 <i>Airfoil</i> .....	10
2.2.1.1 <i>Relative Wind</i> .....	11
2.2.1.2 <i>Angle of Incidence</i> .....	11
2.2.1.3 <i>Angle of Attack</i> .....	12
2.2.2 <i>Reynold Number</i> .....	12
2.2.3 Gaya Pada Helikopter .....	13
2.2.3.1 Gaya Angkat .....	13
2.2.3.2 Gaya Berat .....	14
2.2.3.3 Gaya Dorong .....	15
2.2.3.4 Gaya Hambat .....	15
2.2.4 Koefisien <i>Lift</i> dan <i>Drag</i> .....	16
2.2.5 <i>Adverse Pressure Graient</i> .....	17
2.2.6 <i>Hovering Flight</i> .....	17
2.2.7 <i>Dissymmetry of Lift</i> .....	18
2.3 Aliran Udara .....	18
2.3.1 Sifat Aliran Udara .....	19
2.3.1.1 Kerapatan .....	19
2.3.1.2 Kekentalan .....	19
2.3.2 Jenis Aliran Udara .....	20

2.3.2.1	Aliran <i>Incompressible</i> dan <i>Compressible</i> .....	20
2.3.2.2	Aliran <i>Steady</i> dan <i>Unsteady</i> .....	20
2.3.2.3	Aliran <i>Laminar</i> dan <i>Turbulent</i> .....	20
2.3.2.4	Aliran <i>Eksternal</i> .....	21
2.4	Titik Stagnasi dan Separasi .....	22
2.5	Distribusi Tekanan .....	23
2.6	<i>Vortex Generator</i> .....	24
2.7	<i>Computational Fluid Dynamics</i> (CFD) .....	25
2.8	Lapisan Batas ( <i>Boundary Layer</i> ) .....	26
2.9	<i>Grid Independency</i> .....	27
2.10	Model Turbulensi.....	27
2.10.1	Model k- $\epsilon$ .....	27
2.10.2	Model k- $\omega$ .....	28
2.11	Penelitian Terdahulu yang Relevan .....	28
<b>BAB 3</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>37</b>
3.1	Desain Penelitian .....	37
3.2	Variabel Penelitian.....	38
3.2.1	Variabel Terikat.....	38
3.2.2	Variabel Bebas .....	39
3.3	Objek Penelitian .....	39
3.4	Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian.....	40
3.4.1	Teknik Pengumpulan Data.....	40
3.4.1.1	Pra Pemrosesan ( <i>Pre-Processing</i> ) .....	41
3.4.1.2	Pemrosesan ( <i>Processing</i> ) .....	49
3.4.1.3	Pasca Pemrosesan ( <i>Post Processing</i> ).....	49
3.4.2	Instrumen Penelitian .....	50
3.4.2.1	Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ).....	50
3.4.2.2	Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ).....	50
3.5	Teknik Analisis Data.....	50
3.6	Tempat dan Waktu Penelitian .....	52
3.6.1	Tempat Penelitian.....	52
3.6.2	Waktu Penelitian .....	52
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>53</b>
4.1	Hasil Penelitian.....	53
4.1.1	<i>Pressure Contour</i> .....	53
4.1.2	<i>Velocity Streamline</i> .....	63
<b>BAB 5</b>	<b>PENUTUP</b> .....	<b>74</b>
5.1	Simpulan .....	74
5.2	Saran .....	75
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>76</b>
	<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>79</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 <i>Parts of a helicopter</i> .....	1
Gambar 1.2 Konfigurasi uji variasi penempatan dan ketinggian <i>vortex generator</i> terhadap <i>leading edge</i> terhadap <i>chord</i> .....	2
Gambar 2.1 Terminologi <i>airfoil</i> .....	10
Gambar 2.2 <i>Angle of Incidence</i> .....	11
Gambar 2.3 <i>Angle of Attack between airfoil chord line and relative wind</i> .....	12
Gambar 2.4 <i>Circular cylinder with (a) laminar separation and (b) turbulent separation</i> .....	22
Gambar 2.5 Distribusi tekanan pada <i>airfoil</i> .....	23
Gambar 2.6 <i>Vortex Generator</i> .....	24
Gambar 2.7 Posisi Co-rotating VG dan Counter rotating VG.....	25
Gambar 2.8 Geometri <i>vortex generator</i> .....	29
Gambar 2.9 Letak pemasangan <i>vortex generator</i> pada sayap LSU-05 .....	39
Gambar 2.10 Grafik hasil simulasi koefisien <i>lift</i> dan koefisien <i>drag</i> terhadap sudut serang perbandingan sayap normal dan sayap dengan <i>vortex generator</i> .....	39
Gambar 2.11 Perbandingan <i>turbulent pathline</i> pada sudut serang 12° .....	30
Gambar 2.12 Perbandingan <i>turbulent pathline</i> pada sudut serang 14° .....	30
Gambar 2.13 Perbandingan <i>velocity pathline</i> pada sudut serang 12° .....	30
Gambar 2.14 Perbandingan <i>velocity pathline</i> pada sudut serang 14° .....	30
Gambar 2.15 Perbandingan beberapa parameter penelitian sayap normal dan sayap dengan <i>vortex generator</i> .....	31
Gambar 2.16 Konfigurasi uji a) variasi jarak penempatan VG dan b) variasi ketinggian VG.....	31
Gambar 2.17 Grafik Cp terhadap x/c numerik <i>airfoil</i> tanpa dan dengan VG variasi x/c pada h = 1mm.....	32
Gambar 2.18 Visualisasi <i>streamline</i> pada kontur kecepatan hasil pemodelan <i>airfoil</i> NASA LS-0417 pada AOA 16° dengan variasi x/c pada h = 1mm.....	32
Gambar 2.19 Grafik Cp terhadap x/c numerik <i>airfoil</i> tanpa dan dengan <i>Vortex generator</i> variasi h pada x/c = 0,3.....	32
Gambar 2.20 Visualisasi <i>streamline</i> pada kontur kecepatan hasil pemodelan <i>airfoil</i> NASA LS-0417 pada AOA 16° dengan variasi h pada x/c = 0,3.....	33
Gambar 2.21 <i>Streamline</i> aliran di <i>upper side airfoil</i> pada sudut serang 12°, (a) tanpa <i>vortex generator</i> , (b) dengan <i>vortex generator</i> Posisi 40% C, (c) 45% C dan (d) 50% C .....	33
Gambar 2.22 (kiri) <i>Oil flow visualization</i> di dekat <i>endwall</i> pada $\alpha = 12^\circ$ dan (kanan) pada $\alpha = 14^\circ$ .....	34
Gambar 2.23 (kiri) <i>streamline</i> aliran di <i>upper side airfoil</i> pada $\alpha = 12^\circ$ dan (kanan) pada $\alpha = 14^\circ$ .....	35
Gambar 2.24 <i>Mean streamwise velocity contours for the laminar and turbulent flow cases</i> .....	35

Gambar 2.25	<i>Table peak vorticity of three shapes VG at <math>\Delta z/h = 1.5</math> for the laminar flow case</i> .....	36
Gambar 2.26	<i>Table peak vorticity of three shapes VG at <math>\Delta z/h = 1.8</math> for the laminar flow case</i> .....	36
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	37
Gambar 3.2	Skema Simulasi Penelitian .....	38
Gambar 3.3	Konfigurasi Geometri Benda Uji <i>Tail Boom</i> BO 105 .....	39
Gambar 3.4	Konfigurasi Geometri <i>Triangular Vortex Generator</i> .....	39
Gambar 3.5	Konfigurasi Geometri <i>Trapezoidal Vortex Generator</i> .....	40
Gambar 3.6	Konfigurasi Pemasangan <i>Vortex Generator</i> Pada Silinder <i>Tail Boom</i> .....	40
Gambar 3.7	<i>Plain Tail Boom</i> BO 105 .....	42
Gambar 3.8	<i>Tail Boom</i> BO 105 dengan <i>Triangular Vortex Generator</i> .....	42
Gambar 3.9	<i>Tail Boom</i> BO 105 dengan <i>Trapezoidal Vortex Generator</i> .....	42
Gambar 3.10	Penampang Bagian <i>Inlet</i> .....	43
Gambar 3.11	Penampang Bagian <i>Outlet</i> .....	43
Gambar 3.12	Penampang Bagian <i>Wall (side)</i> .....	43
Gambar 3.13	Penampang Bagian <i>Tail Boom</i> .....	44
Gambar 3.14	Domain Penelitian.....	44
Gambar 3.15	Hasil <i>Meshing</i> secara global .....	45
Gambar 3.16	Hasil <i>Meshing</i> sekitar <i>Tail Boom</i> .....	45
Gambar 3.17	<i>General Setup</i> .....	46
Gambar 3.18	<i>Turbulent Model Setup</i> .....	46
Gambar 3.19	<i>Materials Setup</i> .....	47
Gambar 3.20	<i>Velocity Inlet Setup</i> .....	47
Gambar 3.21	<i>Solution Methods</i> .....	48
Gambar 3.22	<i>Solution Initialization</i> .....	48
Gambar 3.23	<i>Run Calculation</i> .....	49
Gambar 3.24	Grafik Hasil <i>Grid Independence Test</i> .....	51
Gambar 4.1	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $-10^\circ$ .....	53
Gambar 4.2	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $-5^\circ$ .....	54
Gambar 4.3	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $0^\circ$ .....	54
Gambar 4.4	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $5^\circ$ .....	55
Gambar 4.5	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $10^\circ$ .....	56
Gambar 4.6	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $-10^\circ$ .....	56
Gambar 4.7	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $-5^\circ$ .....	57
Gambar 4.8	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $0^\circ$ .....	58
Gambar 4.9	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $5^\circ$ .....	58
Gambar 4.10	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $10^\circ$ .....	59
Gambar 4.11	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $-10^\circ$ .....	60
Gambar 4.12	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $-5^\circ$ .....	60
Gambar 4.13	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $0^\circ$ .....	61
Gambar 4.14	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $5^\circ$ .....	62
Gambar 4.15	<i>Pressure Contour</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $10^\circ$ .....	62
Gambar 4.16	<i>Velocity Streamline</i> pada <i>Angle of Incidence</i> $-10^\circ$ .....	63

Gambar 4.17	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>-5^\circ</math></i> .....	64
Gambar 4.18	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>0^\circ</math></i> .....	64
Gambar 4.19	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>5^\circ</math></i> .....	65
Gambar 4.20	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>10^\circ</math></i> .....	66
Gambar 4.21	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>-10^\circ</math></i> .....	66
Gambar 4.22	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>-5^\circ</math></i> .....	67
Gambar 4.23	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>0^\circ</math></i> .....	68
Gambar 4.24	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>5^\circ</math></i> .....	68
Gambar 4.25	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>10^\circ</math></i> .....	69
Gambar 4.26	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>-10^\circ</math></i> .....	70
Gambar 4.27	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>-5^\circ</math></i> .....	70
Gambar 4.28	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>0^\circ</math></i> .....	71
Gambar 4.29	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>5^\circ</math></i> .....	72
Gambar 4.30	<i>Velocity Streamline pada Angle of Incidence <math>10^\circ</math></i> .....	72

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Parameter Eksperimen .....	40
Tabel 3.2 Spesifikasi Perangkat Penunjang Penelitian .....	50
Tabel 3.3 Hasil <i>Grid Independence Test</i> .....	51
Tabel 3.4 Rincian Waktu dan Jenis Kegiatan Penelitian .....	52

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Maintenance Manual Helikopter BO 105 .....	A-1
Lampiran B Gambar Teknik 2D Konfigurasi Geometri Objek Penelitian.....	B-1
B.1 <i>Tail Boom BO 105</i> .....	B-1
B.2 <i>Triangular Vortex Generator</i> .....	B-2
B.3 <i>Trapezoidal Vortex Generator</i> .....	B-3

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<u>Singkatan</u>	<u>Nama</u>	Pemakaian pertama kali pada halaman
CL	<i>Coefficient Lift</i>	3
CFD	<i>Computational Fluid Dynamic</i>	15
CD	<i>Coefficient Drag</i>	16
C	<i>Chord</i>	17
AOA	<i>Angle of Attack</i>	17
VG	<i>Vortex Generator</i>	17
AOI	<i>Angle of Incidence</i>	23
SI	Satuan International	29
CP	<i>Coefficient Pressure</i>	32
 <u>Lambang</u>		
Re	<i>Reynold Number</i>	3
x	Jarak	4
c	<i>Chord</i>	4
h	Tinggi	4
$\rho$	Massa Jenis Udara	12
v	Kecepatan Aliran Udara	12
l	Panjang Benda	12
$\mu$	Viskositas udara	12
L	Gaya Angkat ( <i>Lift</i> )	12
S	Luas	12
Kg	Kilogram	12
m	Meter	12
s	Second	12
m	Massa	16
V	Volume	16
$\pi$	Viskositas Dinamik	17
$\tau$	Tegangan Geser	17
du/dy	Laju Regangan Geser	17
$\nu$	Viskositas Kinematik	17
N	Newton	17



## DAFTAR PUSTAKA

- Andryanto, A. (2016). Studi Numerik Optimasi Posisi Vortex Generator Guna Mereduksi Aliran Sekunder Dekat Endwall Pada Airfoil British 9C7/32.5C50. *Tugas Akhir, Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.*
- Ariyanti, N. W. (2020). Analisis Pengaruh Penambahan Rectangular Riblets dan V-Groove Riblets Terhadap Performa Aerodinamik Airfoil NACA 2412. *Tugas Akhir, Surabaya: Jurusan Teknik Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Surabaya.*
- Azmi, U. (2015). Studi Eksperimen dan Numerik Pengaruh Penambahan Vortex Generator Pada Airfoil NASA LS-0417. *Tugas Akhir, Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).*
- Bintoro. (2000). Pengaruh Blade Loading Terhadap Aliran Sekunder Pada Sudu Kaskade Stator Kompresor Profil British 9C7/32,5C50 Bertip-Clearance. *Proposal Thesis, Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.*
- Bur, R., Coponet, D., & Carpels, Y. (2009). Separation control by vortex generator devices in a transonic channel flow. *Shock Waves, 19(6), 521–530.* <https://doi.org/10.1007/s00193-009-0234-6>
- Company, E. an E. (1994). *Bolcow 105 Maintenance Manual* (10th ed.). Eurocopter Deutschland GMBH 86607 Donauworth.
- Dwisantoso, D. (2011). *Berat Jenis.*
- Federal Aviation Administration. (2019). Aerodynamics of Flight. In *Pilot's handbook of Aeronautical Knowledge.*
- Hariyadi, S. (2015). Studi Numerik Efek Penggunaan Vortex Generator Terhadap Boundary Layer Airfoil NACA 23018. *Journal Technic, Surabaya: Program Studi Teknik Pesawat Udara, Akademi Teknik dan Keselamatan Penerbangan Surabaya.*

- Hariyadi, S. (2019). Studi Aerodinamika Shifted Downstream Winglet Untuk Wing Airfoil Eppler 562 Pada Unmanned Aerial Vehicle. *Doctoral Thesis, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.*
- Houghton, E. (2013). Aerodynamics for Engineering Students. *Journal Technic, 6th Ed.*(Amsterdam: Elsevier).
- Kurniawan, D. (2018). Analisis Aerodinamika Pada Sayap V-Tail UAV MALE (Unmanned Aerial Vehicle Medium Altitude Long Endurance) Akibat Laju Aliran Udara Dengan Menggunakan Software Computational Fluid Dynamic (CFD). *Tugas Akhir, Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, UII Yogyakarta.*
- Lillahulhaq, Z. (2016). Studi Eksperimen dan Numerik Optimasi Posisi Vortex Generator Untuk Mereduksi Aliran Sekunder Dekat Endwall Pada Airfoil British 9C7/32.5C50 (Studi Kasus Pada  $\alpha = 12^\circ$  dan  $14^\circ$ ). *Tugas Akhir, Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.*
- Maulana, G. A. (2018). Pemilihan Sudut Pasang Airfoil NACA 2412 Pada Tail UAV MALE Dengan Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamic Untuk Memperoleh Gaya Angkat Optimal. *Tugas Akhir, Yogyakarta: Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, UII Yogyakarta.*
- Munson, B. R. (2004). *Mekanika Fluida: Vol. 4th Ed.* (Issue Jakarta: Penerbit Erlangga).
- Pilotfriend. (2019). *Rotary Wing Terminology.*  
[Http://Www.Pilotfriend.Com/Training/Flight\\_training/Rotary/Helis.Htm.](http://www.pilotfriend.com/training/flight_training/rotary/helis.htm)
- Rachman, D. M. (2017). *Dasar-Dasar Aliran Fluida Lanjutan.*  
[Www.Academia.Edu.](http://www.academia.edu)
- Raharjo, P. (2010). *Terminologi Airfoil.*  
[Https://Panggih15.Wordpress.Com/2010/01/28/Terminologi-Airfoil/.](https://panggih15.wordpress.com/2010/01/28/terminologi-airfoil/)
- Romadhon, A. (2017). Analisis CFD Karakteristik Aerodinamika Pada Sayap Pesawat LSU-05 Dengan Penambahan Vortex Generator. *Jurnal Teknologi Dirgantara, Vol. 15 No*(Bandung: Fakultas Teknik Universitas Nurtanio

- Bandung), 45–58.
- Saputra, G. D. (2016). Studi Numerik Aliran Melalui Square Duct Dan Square Elbow 90° Dengan Double Guide Vane Pada Variasi Sudut Bukaannya Damper. *Tugas Akhir, Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.*
- Shim, H. (2017). Wake Characteristics of Vane-Type Vortex Generator. *International Journal Engineering Proceeding of the 2nd World Congress on Momentum, Heat and Mass Transfer (MHMT'17) No. ENFHT 102 ISSN: 2371-5316, Barcelona, Spain.*
- White, T. F. (1998). Fluid Mechanics. *Journal Technic, 4th Ed.*(United States: McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering).
- Who Am I? Vortex Generators-AOPA.* (2017). [www.aopa.org](http://www.aopa.org).
- Widya, W. (2014). Karakteristik Aliran Dua Fase Air-Udara Pada Horizontal Circular Channels Melalui Orifice. *Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 1–7.*
- Widiyanga, M. A. (2013). *Aplikasi Metode Elemen Hingga Untuk Analisis.* [Http://Amriwidiyanga.blogspot.co.id/2013/01/Aplikasi-Metodeelemen-Hingga-Untuk.html](http://Amriwidiyanga.blogspot.co.id/2013/01/Aplikasi-Metodeelemen-Hingga-Untuk.html).
- Wijaya, R. K. (2015). Studi Eksperimen Tentang Pengendalian Aliran Sekunder Pada Airfoil NASA LS-0417 Dengan Vortex Generator Di Dekat Endwall. *Thesis, Surabaya: Program Magister Bidang Keahlian Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.*

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

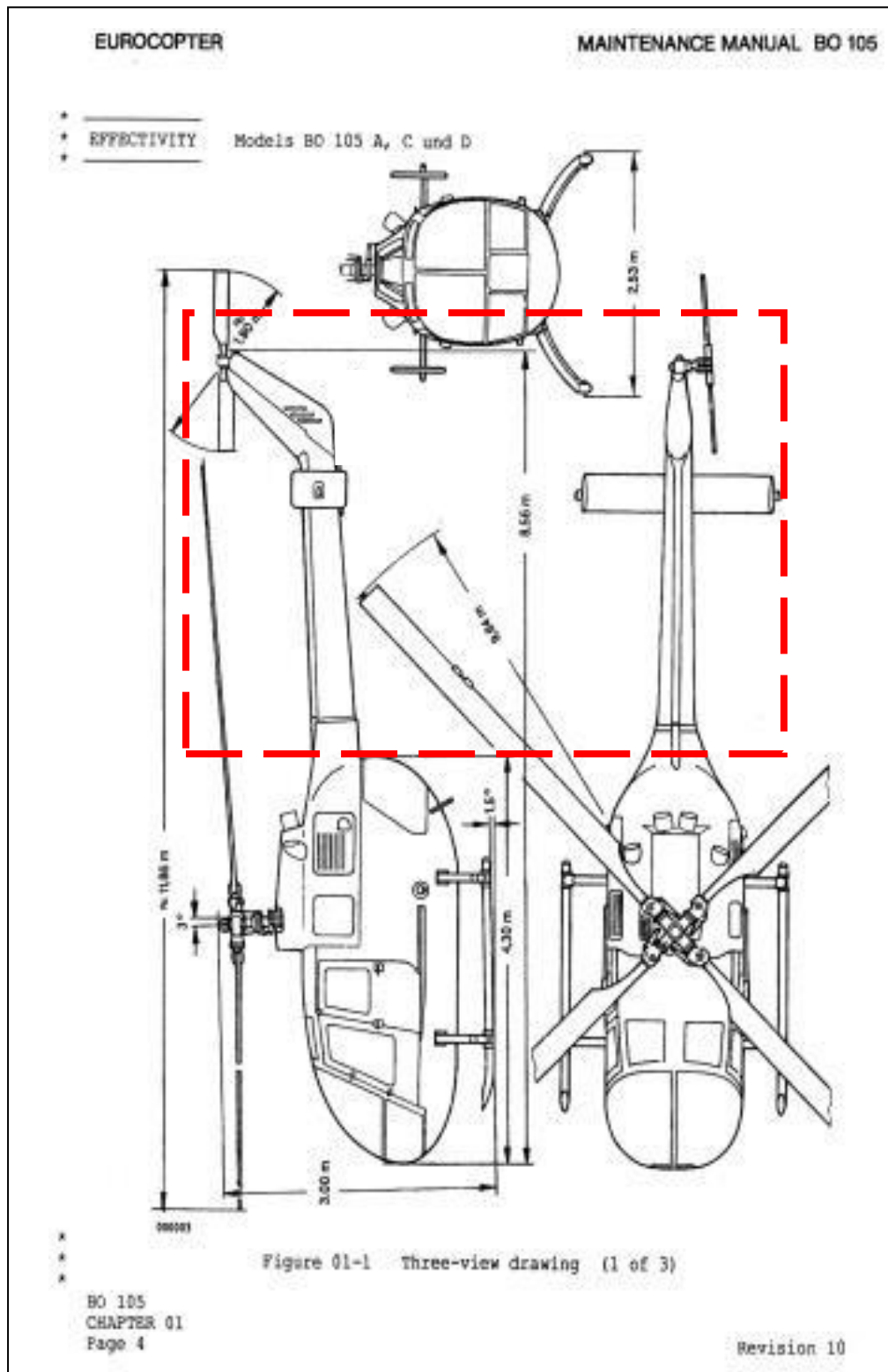


Ivan Guntara Aji Saputra, lahir di Pacitan pada tanggal 8 Juni 2000. Lahir dari pasangan Anang Ramanto dan Karsini. Anak pertama dari dua bersaudara, yakni seorang adik laki-laki bernama Taufiq Aditya Utama. Bertempat tinggal di Dsn. Krajan RT/RW 18/03 Ds. Ngadirojo, Kec. Ngadirojo, Kab. Pacitan, Prov. Jawa Timur.

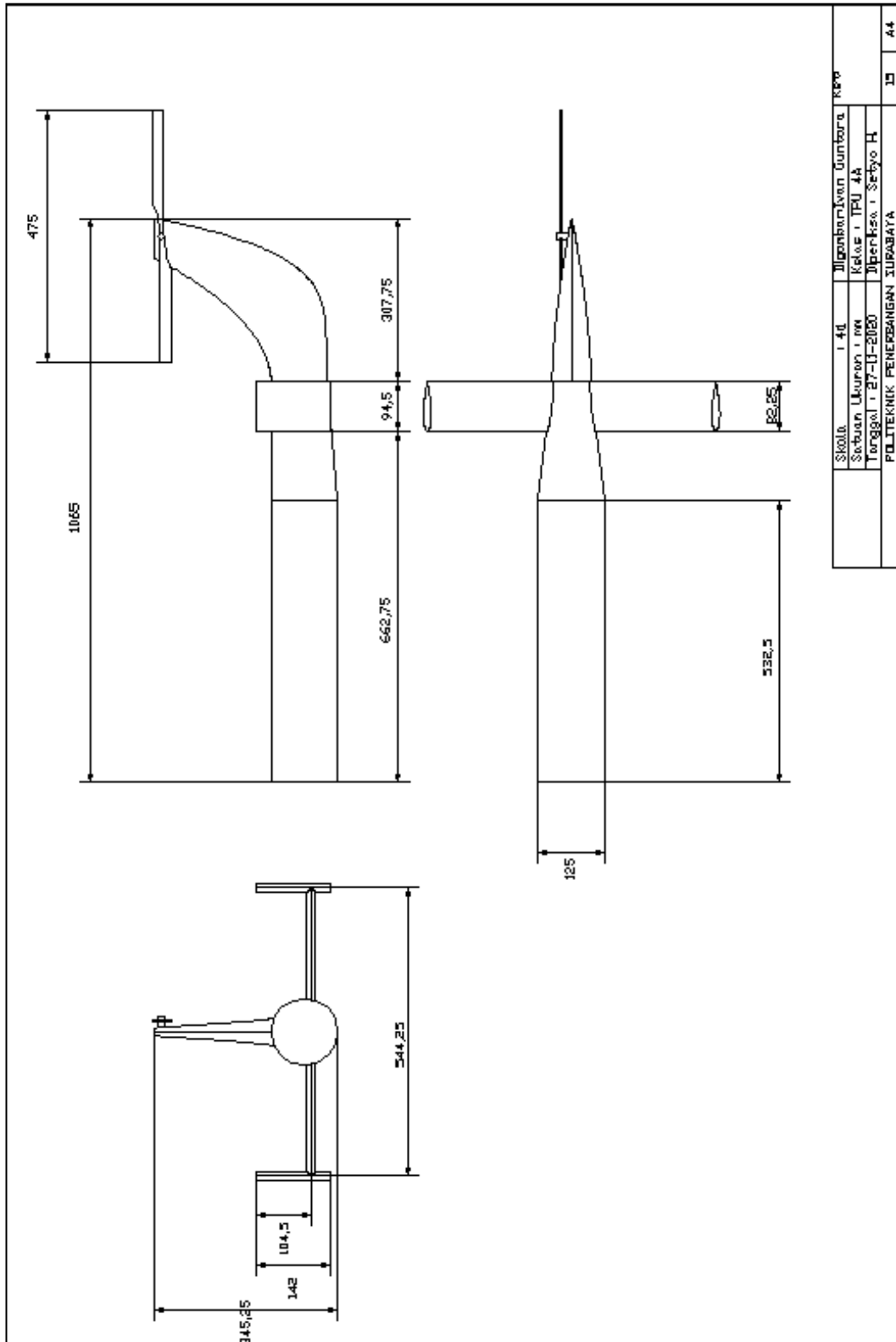
Penulis mulai menempuh pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2006 di SD N Ngadirojo 1 dan pada tahun 2012. Melanjutkan pendidikan di SMP N 1 Ngadirojo lulus pada tahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan di SMA N 1 Ngadirojo lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi tepatnya di Politeknik Penerbangan Surabaya Prodi Diploma 3 Teknik Pesawat Udara hingga sekarang sedang dalam tahap penyusunan tugas akhir sebagai syarat kelulusan.

# LAMPIRAN

## LAMPIRAN A

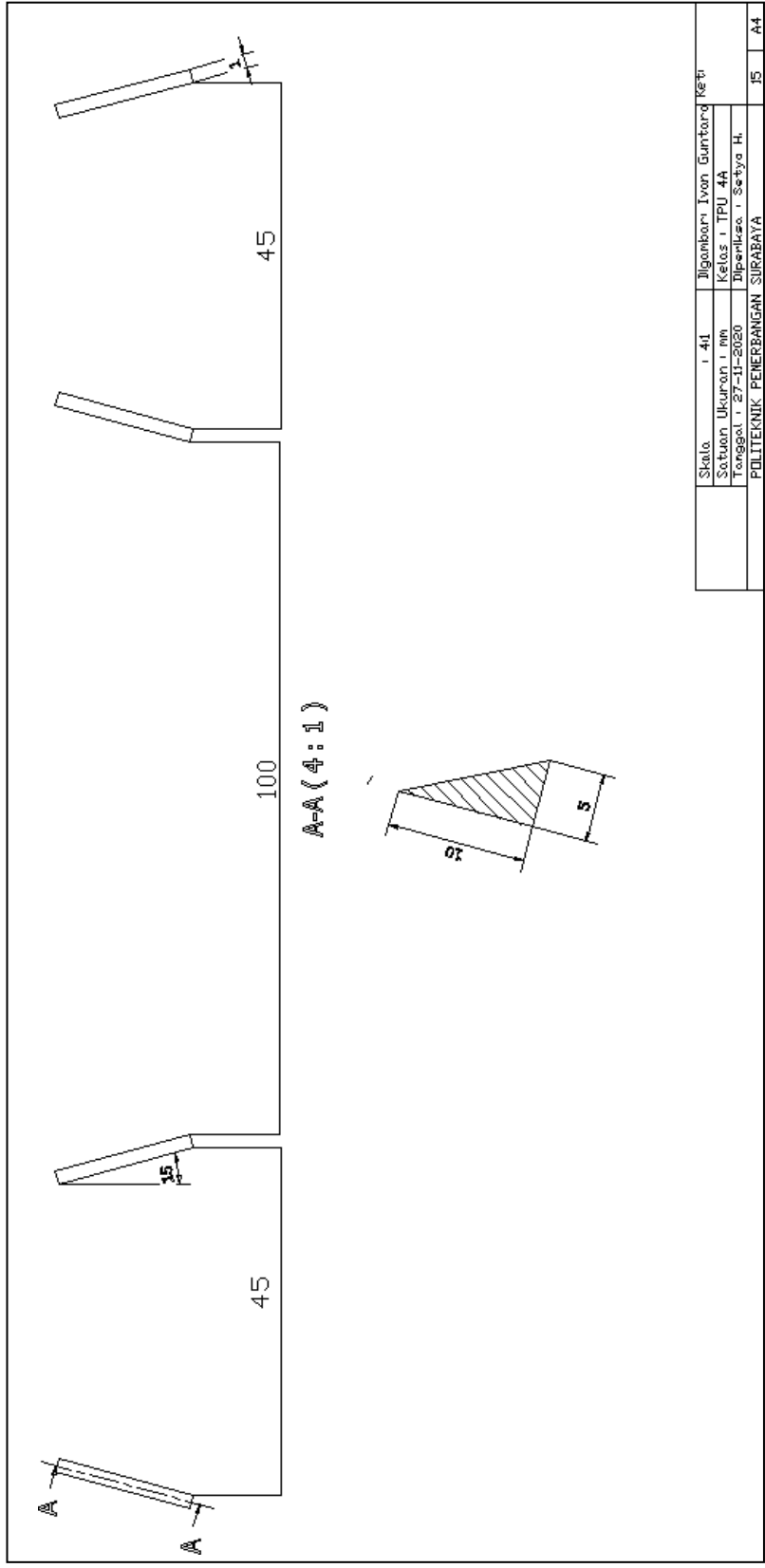


LAMPIRAN B.1



Sekolah	i 41	Alghabrialman Gunbara	Kepo
Sekeloa Ukuran	1 m	Kelas	TPU 4A
Tanggal	27-11-2020	Diperiksa	Setyo H
FOLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA			13
			44

**LAMPIRAN B.2**



### LAMPIRAN B.3

